

ÉTUDE EN MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE A BALAYAGE
DE QUELQUES DESMIDIACÉES
(CHLOROPHYTA, ZYGOPHYCEAE)
DES LACS ANDINS BOLIVIENS

Alain COUTÉ* et André ILTIS**

RESUMÉ.— Les auteurs étudient, à l'aide du M.E.B., sept taxons appartenant à la famille des Desmidiacées, récoltés dans les Andes boliviennes. Trente deux documents photographiques originaux présentent des vues d'ensemble ou de détails, en particulier d'une espèce nouvelle du genre *Cosmarium* et de deux variétés nouvelles des genres *Staurastrum* et *Euastrum*.

ABSTRACT. — The authors study with the help of scanning electron microscopy seven taxa belonging to the Desmidiaceae family, sampled in Bolivian Andes. Thirty two original micrographs give views of entire cells and of details peculiarly of one new species of the genus *Cosmarium* and of two new varieties of the genus *Staurastrum* and *Euastrum*.

RESUMEN. — Los autores estudian, con la ayuda del M.E.B., siete taxones pertenecientes a la familia de los Desmidiaceae, recolectados dentro de los Andes Bolivianos. Treinta y dos documentos fotograficos originales presentan la vista general o de detalles en particular de una especie nueva del genero *Cosmarium* y de dos variedades nuevas de los generos *Staurastrum* y *Euastrum*.

MOTS CLÉS : Algues, Desmidiaceae, eau douce, Andes, Bolivie, ultrastructure.

INTRODUCTION

Les algues, objets de cette étude, ont été récoltées en novembre 1982 dans cinq lacs de montagne de la vallée d'Ichu Khota. Celle-ci est située dans la cordillère orientale des Andes (16°10' de latitude; 68°22' de longitude), à environ 70 km au nord-ouest de La Paz.

Les cinq lacs inventoriés s'étagent à des altitudes allant de 4300 à 4850 mètres. Le premier, Khara Khota, est localisé à 4300 mètres; le second, Khotia,

* Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire naturelle, 12 rue Buffon, 75231 Paris-Cedex, U.A. n° 257 (C.N.R.S.).

** O.R.S.T.O.M., 218 rue Lafayette, 75480 Paris Cedex 10.

est à 4450 mètres; le troisième, Jankho Khota, à 4690 mètres, tandis que le quatrième est constitué par une petite nappe d'eau peu profonde sise à 4820 mètres, directement à l'aval d'un glacier. Le cinquième lac, Laguna Negra, aux eaux noires, est situé à 4850 mètres de l'autre côté du col qui ferme la vallée.

Les caractéristiques physico-chimiques de ces milieux ainsi que la flore diatomique du sédiment ont été étudiées brièvement par Servant-Vildary (1982). Par ailleurs, un premier inventaire de la flore algale de ces lacs a été dressé par Iltis (1984).

Ce travail de recherche sur les algues dulçaquicole a été effectué dans le cadre d'une convention passée entre l'Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.) de La Paz et l'O.R.S.T.O.M. Paris pour l'étude géodynamique et limnologique des bassins des hauts plateaux des Andes boliviennes.

MÉTHODOLOGIE

Les échantillons ont été récoltés depuis la berge à l'aide d'un filet à plancton de 40 μm de vide de maille, puis fixés avec du formaldéhyde du commerce à 10 % environ. Les cellules ont été isolées à la micropipette puis déshydratées selon la technique du point critique avec l'acide carbonique liquide comme dernier milieu. Elles ont ensuite été montées sur le porte-objet avec de l'adhésif double face et métallisées à l'or et au palladium. Les observations et les photographies ont été faites sur le microscope électronique à balayage Cambridge 600 du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire naturelle.

L'ensemble des documents photographiques, regroupés en quatre planches, donne des vues d'ensemble et de détails de plusieurs taxons appartenant à quatre genres de Desmidiacées.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Euastrum pseudotuddalense Messikommer var. *perforatum* var. nov. (pl. 2, fig. 6 à 8 et pl. 5, fig. 1 à 3).

Cellules de 32 à 36 μm de longueur sur 24 à 28 μm de largeur; épaisseur : 17-18 μm ; isthme : 10-12 μm .

Cette nouvelle variété se distingue du type de l'espèce par la fente apicale plus étroite, la perforation (diamètre : 2 μm) au centre de la tumeur médiane et ses dimensions plus grandes. Par contre, l'ornementation des lobes latéraux (pl. 2, fig. 6 et 7) et apicaux (pl. 2, fig. 8) rappellent bien celle représentée par Messikommer (1942), et les contours cellulaires sont bien similaires.

L'étude au M.E.B. de la paroi de cette nouvelle variété montre que la majeure partie de la surface cellulaire est finement scrobiculée (pl. 2, fig. 6). Ce caractère n'est pas mentionné par Messikommer dans la description de l'espèce.

Ce taxon signalé et représenté par Ittis (1984), sous l'appellation de *E. cf. subalpinum* var. *crassum* Messikommer est assez proche, en effet, de *E. subalpinum* var. *crassum* Messikommer (1942), mais ce dernier s'en distingue par sa fente apicale presque inexistante, l'aspect de la tumeur centrale et le rapport longueur/largeur. Il est assez voisin aussi d'*E. valdajense* var. *ornatum* Krieger et Bourrelly (1956) mais ce dernier en diffère, selon les auteurs, par l'incision très ouverte du lobe polaire et la tumeur centrale lisse.

Origine de l'échantillon : Laguna Negra.

Diagnose latine :

Haec varietas apicis incisura angustiore, perforatione in medio tumoris medio et dimensionibus majoribus a typo speciei differt. Cellulae longitudo : 32-36 μm ; latitudo : 24-28 μm ; isthmi latitudo : 10-12 μm .

In Laguna Negra lacu (Ichu Khota valle), Bolivia (18-12-1982).

Iconotypus : pl. 5, fig. 1, 2 et 3.

Cosmarium andinum sp. nov. (pl. 1, fig. 1 à 6 et pl. 5, fig. 4 et 5).

Cellules de 45 à 58 μm de longueur sur 26 à 36 μm de largeur; isthme : 19 à 28 μm . Un plaste lobé par hémisomate avec un pyrénocône central.

Notre nouvelle espèce se distingue de tous les autres *Cosmarium* de section circulaire par la constriction bien marquée de la cellule dans le tiers supérieur de chaque hémisomate (pl. 1, fig. 1, 3 et 5). A ce niveau, le diamètre cellulaire est égal à celui de l'isthme.

Par ailleurs, l'ornementation de la paroi dans la région médiane de l'hémisomate ainsi qu'à l'apex est faite de séries de verrues plus ou moins fusionnées (pl. 1, fig. 3) disposées parallèlement à l'axe de la cellule. Dans la zone apicale, on peut dénombrer 15 à 16 séries complètes (pl. 1, fig. 3, 5 et 6) à disposition rayonnante. On en compte 28 à 32 dans la région médiane (pl. 1, fig. 5 et 6). Ce type de relief pariétal rappelle plus ou moins, pour les *Cosmarium* à section circulaire, celui de *C. elegantissimum* Lundell (1871) chez lequel, pourtant, les verrues semblent bien indépendantes les unes des autres et jamais fusionnées. Par contre, pour les *Cosmarium* à section ellipsoïdale, cette ornementation est fort semblable à celle que l'on observe dans la région médiane de l'hémisomate chez *C. quadrifarium* Lundell, par exemple.

Dans les autres régions de la cellule, la paroi est lisse.

Cette nouvelle espèce, par son contour et la localisation de ses ornementations, se rapproche un peu de *Cosmarium trifasciatum* Nordstedt et Wittrock (1876, Pl. XIII, fig. 17), mais ce dernier s'en distingue par la double constriction de l'hémisomate, la première subapicale et la seconde médiane et par son apex ellipsoïdal. De plus, la majeure partie de la région apicale est lisse, l'ornementation verruqueuse étant marginale.

Cette nouvelle espèce a été illustrée (vue de profil seulement) par Ittis (1984) sous l'appellation de *Cosmarium* sp. 1.

Diagnose latine :

Cosmarium in apicale visu circulare cum constrictione diametro isthmi. Ornamentum hemicellulae in mediana parte et in apice cum verrucorum ordinibus parallelis cum cellulae axe.

In apicale parte, 15-16 ordines in radiis dispositi; in mediana parte, 28 ad 32 ordines. In alteribus partibus hemicellulae, paries sine ornamentu. Cellulae longitudo : 45-58 μm ; latitudo : 26-36 μm ; isthmi latitudo : 19-25 μm .

In lacubus Khotia, Janckho Khota, quarta laguna et Laguna Negra in valle Ichu Khota, Bolivia (18-11-1982).

Iconotypus : pl. 5, fig. 4 et 5.

Cosmarium quadrifarium var. *quadrifarium* fo. *octastichum* Nordstedt, 1888, *Kongl. Svenska Vetensk. Acad. Handl.* 22 (8) : p. 49. (pl. 1, fig. 7-8; pl. 2, fig. 1 à 5).

Cellules de 47 à 60 μm de longueur et de 38 à 48 μm de largeur. Le contour de nos exemplaires (pl. 1, fig. 7) correspond bien à celui de *Cosmarium hexastichum* Lundell décrit en 1871 et dont Nordstedt (1873) a tout d'abord créé une variété *octastichum* qu'il a ramenée, par la suite (1888) au rang de forme de *C. quadrifarium* Lundell (1871) sans jamais fournir de figure. Par ailleurs, les dimensions de nos échantillons coïncident bien avec celles données par Nordstedt (1888). De même, la marge de l'hémisomate présente bien huit séries de verrues (pl. 1, fig. 8 et pl. 2, fig. 1). Parfois, cependant, on peut en compter jusqu'à dix par endroits sur certains hémisomates (pl. 2, fig. 2). Les verrues marginales sont simples, dédoublées voire même divisées en trois (pl. 2, fig. 5). Elles atteignent 1,5 à 2 μm de hauteur.

La tumeur centrale de chaque hémisomate est composée, en moyenne de huit à dix séries parallèles de verrues simples ou dédoublées, et en nombre variable (pl. 1, fig. 7 et pl. 2, fig. 3 et 4). Les cellules observées par Krieger et Bourrelly (1956) dans les Andes du Vénézuëla, montrent aussi cette variabilité de l'organisation de la tumeur centrale, de même que celles décrites par Kuzel-Fetzmann (1973) du Costa-Rica, de Colombie et du Vénézuëla.

La paroi présente de 40 à 50 perforations pour 100 μm^2 (pl. 2, fig. 2).

Selon Prescott *et al.* (1981), cette forme est connue d'Amérique du nord et du sud, d'Angleterre, d'Europe, d'Asie et de Nouvelle Zélande.

Cette forme a été illustrée par Iltis (1984) sous l'appellation de *Cosmarium* sp. 2.

Origine de l'échantillon : 4e et 5e lacs de la vallée d'Ichu Khota.

Stauroidesmus pachyrhynchus (Nordstedt) Teiling, 1967, *Ark. f. Bot.* ser. 2, 6 (11) : p. 499 et pl. 3, fig. 9, 10, 11 et 13. (pl. 3, fig. 1 à 4).

Cellules de 42 à 48 μm de longueur sur 38 à 44 μm de largeur; isthme 7-8 μm . Hémisomates à trois (pl. 3, fig. 3), quatre (pl. 3, fig. 4) ou cinq bras arrondis (pl. 3, fig. 1), selon les cellules.

Les exemplaires que nous présentons ont tous un hémisomate granuleux. Il s'agit du mucilage concrétionné lors de la déshydratation.

L'espèce est cosmopolite.

Origine de l'échantillon : lac Khara Khota.

Staurastrum stelliferum Borge, 1925, *Ark. f. Bot.* 19 (17) : p. 42 et pl. 6, fig. 3 et 4. (pl. 4, fig. 1 à 4).

Cellules de 32-33 μm de longueur (sans les bras); largeur (sans les bras) : 16 μm ; longueur des bras : 38 à 40 μm ; isthme : 10-12 μm .

L'échantillon présenté, à quatre bras, correspond bien, par ses dimensions et son contour (pl. 4, fig. 1) à la figure 3a de la planche 6 de Borge (1925). Par contre, ici, les bras montrent une bordure ondulée (pl. 4, fig. 1, 2 et 4) alors que les figures de Borge la présentent rectiligne, tout comme celles données par Förster (1969, pl. 42, fig. 6 et 7) ou encore par Tell (1980, pl. 16, fig. 3). La méthode d'étude faisant appel au M.E.B. permet de mieux apprécier des détails aussi subtils.

Chacun des bras se termine par quatre longues épines (pl. 4, fig. 4) divergentes, émoussées (longueur : 4 à 5 μm), tout comme chez les échantillons décrits par Borge ou par Förster alors que ceux de Tell ont des épines plus courtes et robustes.

Le corps cellulaire de nos exemplaires ne porte pas d'épine forte (pl. 4, fig. 3) à la base des bras et autour de l'isthme comme c'est le cas pour ceux dessinés par Förster (surtout la figure 7 de la planche 42).

Espèce signalée, à notre connaissance, du Brésil et d'Argentine.

Origine de l'échantillon : lac Khara Khota.

Staurastrum valdiviense Thomasson var. *ornatum* var. nov. (pl. 3, fig. 5 à 8 et pl. 5, fig. 6 et 7).

Cellules de 28 μm de longueur et 54 μm de largeur; isthme de 9 à 11 μm .

Cette nouvelle variété se distingue du type de l'espèce par l'allure tronconique de la base de l'hémisomate et non renflée, contrairement à ce que montrent les figures II : 7 de Thomasson (1955), et 42 : 16 (Thomasson, 1963). Par ailleurs, notre taxon est orné, dans la région supraisthmale (pl. 3, fig. 5) d'une couronne de petites épines inexistantes chez les échantillons de Thomasson.

Nous rapportons, toutefois, notre algue à l'espèce *valdiviense* en raison de la convergence bien marquée des bras et de l'absence d'épines à l'extrémité de ceux-ci (pl. 3, fig. 6 et 7).

La vue apicale que nous fournissons (pl. 3, fig. 7) correspond bien à la seule micrographie publiée de l'apex (Dürschmidt, 1985), les figures de Thomasson ne montrant que des profils de cellules.

La figure 8 de la planche 3 précise les détails de l'ornementation pariétale apicale. On peut constater, sur ce document, qu'elle est faite, par côté, d'une unique série marginale de 6 verrues peu marquées. Il serait intéressant de pouvoir comparer avec les apex de cellules du type de l'espèce.

Staurastrum valdiviense n'avait été observé, jusqu'à présent, qu'au Chili (Thomasson, 1955, Lac Panguipulli et lac Rinihue; Thomasson, 1963, lacs Calafquen, Pellaifa et Villarrica; Dürrschmidt, 1985, Banada Cruces).

Cette nouvelle variété a été signalée et dessinée par Iltis (1984) sous l'appellation de *Staurastrum valdiviense*.

Origine de l'échantillon : 1er et 4e lacs de la vallée d'Ichu Khota.

Diagnose latine :

Haec varietas hemicellulae basis forma trunconica et non inflata et in supra-isthmiale parte coronae minutarum spinarum praesencia a typo speciei differt.

Cellulae longitudo : 28 μm ; latitudo : 54 μm ; isthmi latitudo : 9-11 μm .

In primo (Khara Khota) et quarto lacubus in valle Ichu Khota, Bolivia, 18-11-1982.

Iconotypus : pl. 5, fig. 6 et 7.

Staurastrum varians Raciborski, 1885, *Pamiętn. Akad. Umiejetn. w. Krakowie, Wydz. Mat.-Przyr.* III (10) : p. 86, pl. 12, fig. 1 (pl. 4, fig. 5 à 8).

Cellules de 36 μm de longueur sur 23 à 24 μm de largeur; isthme : 14 μm .

L'échantillon présenté ici est quadriradié mais Iltis (1984) signale l'existence d'exemplaires triradiés. Raciborski (1885), dans sa description originelle, en décrit même de biradiés.

Les micrographies 5, 6 et 7 de la planche 4 montrent que la cellule présente à chacun de ses angles cinq à six séries de petites épines. Chaque pôle, pour sa part, est orné de cinq à six courtes épines (pl. 4, fig. 7).

La paroi de la cellule est perforée de pores (40 à 45 pour 100 μm^2) de 0,1 à 0,2 μm de diamètre, à disposition régulière (pl. 4, fig. 8).

L'espèce est cosmopolite.

Origine de l'échantillon : lac Khara Khota.

CONCLUSIONS

L'étude en microscopie électronique à balayage de sept taxons des lacs andins a permis de décrire deux variétés et une espèce nouvelle. De plus, la structure et l'ornementation de la paroi cellulaire de quatre taxons déjà connus ont pu être précisées. Parmi ces derniers, trois sont cosmopolites et le quatrième est signalé du Brésil et de l'Argentine.

L'inventaire plus général, effectué sur des récoltes faites en novembre 1982 dans ces milieux par l'un de nous (A. I.) a mis en relief l'importance du nombre de taxons appartenant aux Chlorophycées (81 %), et principalement aux Desmidiées (58 % de l'ensemble de la florule), dans la flore algale de ces lacs d'altitude, la plupart des taxons inventoriés étant cosmopolites.

Des observations ultérieures faites chaque mois en 1985 et 1986 ont permis de collecter des informations sur les conditions de milieu dans ces lacs. Si les températures de surface au cours de l'année sont de l'ordre de 8 à 11°C dans l'après-midi dans le lac le plus bas (Khara Khota), elles ne sont que de 3,5 à 6,5°C dans le plus élevé (Laguna Negra). Durant la période hivernale (juin à août), la surface des quatrième et cinquième lacs de la vallée peut être recouverte durant la nuit et la matinée d'une mince pellicule de glace qui disparaît généralement en fin de matinée en raison de l'ensoleillement intense qui règne en cette période de l'année. Les premiers lacs de la vallée, par suite de leur altitude plus faible et de leur inertie thermique plus grande (la superficie et le volume des lacs diminuent à mesure que l'on s'élève dans la vallée), ne sont jamais recouverts de glace. La conductibilité électrique à 25°C des eaux varie annuellement entre 20 et 48 $\mu\text{S cm}^{-1}$ dans le lac le plus bas et entre 4 et 17 dans le plus haut. Les pH, enfin, se situent entre 6,30 et 7,32 à Khara Khota et entre 5,34 et 7,15 dans Laguna Negra.

L'étude des échantillonnages de phytoplancton effectués ces deux dernières années devrait mettre en évidence la stratification altitudinale existant éventuellement pour les lacs de cette vallée et des vallées voisines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BORGE O., 1925 — Die von Dr. F.C. Hoehne während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 19 (17) : 1-56 et 6 pl.
- DÜRRSCHMIDT M., 1985 — Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen des Banado Cruces, Provinz Valdivia, Chile. *Biblioth. Phycol.* 73 : 1-138 et 25 pl.
- FÖRSTER K., 1969 — Amazonische Desmidiaceen. 1 Teil : Areal Santarem. *Amazoniana* 2 (1/2) : 5-116 et 36 pl.
- ILTIS A., 1984 — Algues du lac Titicaca et des lacs de la vallée d'Ichu Khota (Bolivie). *Cryptogamie, Algol.* 5 (2-3) : 85-108.
- KRIEGER W. & BOURRELLY P., 1956 — Desmidiacées des Andes du Venezuela. *Ergeb. d. deutsch. Limnol. Venezuela-Expedition 1952*, 1 : 141-195.
- KÜZEL-FETZMANN E., 1973 — Beiträge zur Kenntnis der Algenflora der Hochgebirge Zentralamerikas und der Nördlichen Anden. *Hochgebirgsforschung, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck* 3 : 29-68.
- LUNDELL P.M., 1871 — De Desmidiaceis quae in Suecia inventae sunt, observationes criticae. *Acta Soc. Regiae Sci. Upsal.*, III 8 (2) : 1-100 et 5 pl.
- MESSIKOMMER E., 1942 — Beitrag zur Kenntnis der Algenflora und Algenvegetation des Hochgebirges um Davos. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz.* 24 : 1-452.
- NORDSTEDT C.F.O., 1873 — Bidrag till kännedomen om Sydligare Norges Desmidiéer. *Acta Univ. Lund.* 9 : 1-51 et 1 pl.
- NORDSTEDT C.F.O., 1888 — Freshwater algae collected by Dr. S. Bergren in New Zealand and Australia. *Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl.* 22 (8) : 1-98 et 7 pl.

- NORDSTEDT C.F.O. & WITTROCK V.B., 1876 – Desmidiæ et Oedogoniæ ab o Nordstedt in Italia et Tyrolia collectæ, quas determinaverunt. *Öfvers. Förh. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad.* 6 : 25-56 et 2 pl.
- PRESCOTT G.W., CROASDALE H.T., VINYARD W.C. & BICUDO C.E.M., 1981 – *A synopsis of North American Desmids II. Desmidiaceæ : Placodermae.* 3. Univ. Nebraska Press. Lincoln and London, 720 p.
- RACIBORSKI M., 1885 – De nonnullis Desmidiaceis novis vel minus cognitis, quæ in Polonia inventæ sunt. *Pamiętn. Akad. Umiejętn. w. Krakowie, Wydz. Mat.-Przyr.* 3 (10) : 57-100, pl. 10-14.
- SERVANT-VILDARY S., 1984 – Altitudinal zonation of mountainous Diatom flora in Bolivia : application to the study of the Quaternary. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 25 (1-2) : 179-210.
- TEILING E., 1967 – The desmid genus *Staurodesmus*. A taxonomic study. *Ark. Bot.* ser. 2, 6 (11) : 467-629 et 31 pl.
- TELL G., 1980 – Le genre *Staurostrum* (Algues, Chlorophycées, Desmidiées) dans le nord-est de l'Argentine. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. (Paris)*, 4e sér. 2 B : 145-207.
- THOMASSON K., 1955 – Studies on South American Fresh-water Plankton. 3. Plankton from Tierra del Fuego and Valdivia. *Acta Horti Gothob.* 19 (6) : 193-225.
- THOMASSON K., 1963 – Araucarian lakes. Plankton studies in North Patagonia with notes on terrestrial vegetation. *Acta Phytogeogr. Suec.* 47 : 1-139.

LÉGENDES DES PLANCHES

Planche 1

Fig. 1 à 6 : *Cosmarium andinum* sp. nov. — fig. 1 et 2 : vues d'ensemble d'une cellule de profil ou de bials; fig. 3 : détail d'un hénisomate en bials; fig. 4 : détail de l'isthme; fig. 5 et 6 : deux apex.

Fig. 7 et 8 : *Cosmarium quadrifarium* var. *quadrifarium* fo. *octastichum* Nordstedt. fig. 7 : vue de face d'une cellule; fig. 8 : vue de profil d'une cellule.

Les traits d'échelle représentent 10 μm .

Planche 2

Fig. 1 à 5 : *Cosmarium quadrifarium* var. *quadrifarium* fo. *octastichum* Nordstedt. — fig. 1 : profil d'une cellule; fig. 2 : détail d'un apex; fig. 3 et 4 : région de la tumeur médiane de deux cellules différentes; fig. 5 : détail de l'ornementation pariétale d'un fragment de séries de tumeurs marginales.

Fig. 6 à 8 : *Euastrum pseudotuddalense* Messikommer var. *perforatum* var. nov. — fig. 6 : vue d'ensemble d'une cellule; fig. 7 : vue de profil d'une cellule; fig. 8 : vue de l'apex d'une cellule.

Les traits d'échelle représentent 10 μm , sauf indication contraire.

Planche 3

Fig. 1 à 4 : *Staurodesmus pachyrhynchus* (Nordstedt) Teiling. — fig. 1 : vue d'un apex à cinq pôles; fig. 2 : vue de profil; fig. 3 : vue d'un apex tripolaire; fig. 4 : vue d'un apex à quatre pôles.

Fig. 5 à 8 : *Staurastrum valdiviense* Thomasson var. *ornatum* var. nov. — fig. 5 et 6 : vues de profil de deux cellules différentes; fig. 7 : vue d'un apex d'une cellule; fig. 8 : détail de la région centrale d'un apex.

Les traits d'échelle représentent 10 μm .

Planche 4

Fig. 1 à 4 : *Staurastrum stelliferum* Borge. — fig. 1 : vue d'ensemble d'une cellule de profil; fig. 2 : vue d'un apex; fig. 3 : détail de l'isthme; fig. 4 : détail de l'extrémité d'un bras.

Fig. 5 à 8 : *Staurastrum varians* Raciborski. — fig. 5 : vue d'ensemble d'une cellule de profil; fig. 6 : vue d'un apex; fig. 7 : détail d'une portion de la région isthmale; fig. 8 : détail d'un fragment de la paroi montrant des pores.

Les traits d'échelle représentent 10 μm , sauf indication contraire.

Planche 5

Fig. 1 à 3 : *Euastrum pseudotuddalense* Messikommer var. *perforatum* var. nov. — fig. 1 : vue de face de la cellule; fig. 2 : vue de profil; fig. 3 : vue de l'apex.

Fig. 4 et 5 : *Cosmarium andinum* sp. nov. — fig. 4 : vue d'ensemble de la cellule; fig. 5 : vue de l'apex.

Fig. 6 et 7 : *Staurastrum valdiviense* Thomasson var. *ornatum* var. nov. — Fig. 6 : vue latérale de la cellule; fig. 7 : vue d'ensemble.

Les traits d'échelle représentent 10 μm .

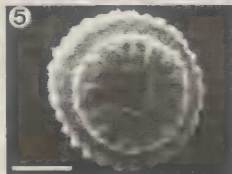


Planche 1



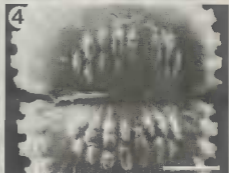
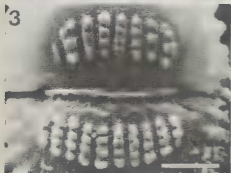
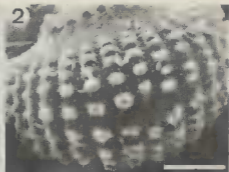


Planche 2



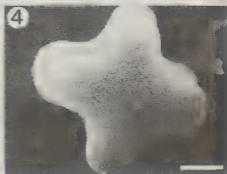
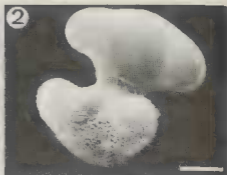


Planche 3



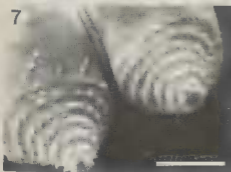
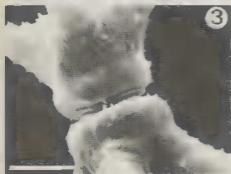


Planche 4



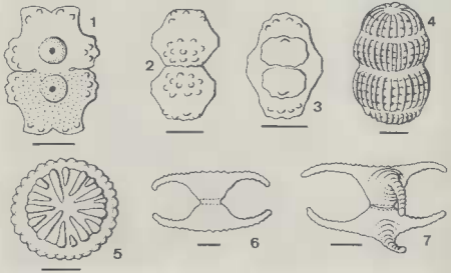


Planche 5